

ANARTIA, 23 (2011): 33 - 43  
Depósito legal pp. 88-0384  
ISSN: 1315-642X

## Vocalizaciones del cocodrilo americano, *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) durante la eclosión

Arlene Cardozo-Urdaneta<sup>1,2</sup>, Junior T. Larreal<sup>3</sup>  
y Tito R. Barros<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Asociación Vida y Mar, Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

<sup>2</sup>Autor para correspondencia: arlenecardozo@gmail.com

<sup>3</sup>Laboratorio de Protección y Manejo de Zonas Áridas y Semiáridas, Centro de Estudios Botánicos y Agroforestales, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. <sup>4</sup>Museo de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Apartado Postal 526, Maracaibo 4011, Estado Zulia, Venezuela.

### Resumen

Los cocodrilos tienen un amplio espectro de llamados y vocalizaciones durante toda su vida, e inclusive desde un poco antes de nacer o de eclosionar. El presente ensayo sobre digitalización y análisis de vocalizaciones de neonatos en el momento previo a la eclosión (rompiendo el cascarón) de caimán de la costa (*Crocodylus acutus*) fue realizado a partir de 4,85 minutos de grabación de dos individuos. A través del programa Raven®, se realizó el sonograma y espectrograma correspondiente y se encontró que todas las vocalizaciones están integradas por una única nota corta modulada de 8,7 a 28,3 milisegundos (ms) de duración, repetidas y con intervalos regulares cada 2,6 segundos. La frecuencia dominante se ubicó entre los 652 y 1394 Hz. Las llamadas de los individuos desde el interior de los huevos podrían actuar como señales de sincronización para la ruptura del cascarón en los demás miembros de la nidada y también para estimular a la madre para que abra el nido y provea de protección a los neonatos contra posibles depredadores.

**Palabras clave:** Caimán de la costa, comunicación acústica, Estado Zulia, neonatos, Venezuela.

## American Crocodile, *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) Vocalizations Prior to Hatching

### Abstract

Crocodiles exhibit a broad spectrum of calls and vocalizations during their lives and even immediately before hatching. For this study, vocalizations of American crocodile neonates (*Crocodylus acutus*) immediately prior to hatching (breaking open the egg shell) were digitalized and analyzed using 4.85 minutes of recordings from two individuals. With the aid of Raven® software, the corresponding sonograms and spectrograms were made, finding that all vocalizations were composed of a single, modulated short note varying between 8.7 and 28.3 milliseconds (ms) duration and repeated at regular intervals of 2.6 seconds each. The dominant frequency was located between 652 and 1394 Hz. Calls of the individuals from inside the eggs could act as a signal to other embryos in the same nest to synchronise and break open their eggs. They also stimulate the mother to open the nest and provide protection against possible predators.

**Key words:** Acoustic communication, American crocodile, neonates, State of Zulia, Venezuela.

### INTRODUCCIÓN

La bioacústica es la ciencia que estudia los sonidos emitidos por animales, su grabación y análisis, así como los sistemas de comunicación acústica y ecolocación. La producción de sonido por animales es primordialmente una estrategia que permite advertir su presencia a otros individuos. La vocalización resulta más común en animales con baja densidad en el hábitat que ocupan y/o que pueden saltar o volar, evitando de esta forma dejar un rastro continuo para ser localizados. Entre los vertebrados, la vocalización se encuentra altamente desarrollada en anuros (ranas y sapos), aves, mamíferos (cetáceos y murciélagos) y en menor proporción en salamandras y reptiles (Duellman y Trueb, 1994). La vocalización en el reino animal es una forma de comunicación acústica que implica la producción de sonidos desde un

emisor a través de diferentes estructuras orgánicas internas, en mamíferos se involucra a la laringe y en aves la siringe (Suthers, 2004). En anfibios y reptiles están involucradas, la glotis, tráquea y en algunos la cavidad bucofaríngea (y sacos vocales en ranas). Las vocalizaciones o llamadas en anuros se han clasificado de la siguiente forma: 1. Cantos de advertencia, alarma o anuncio (advertisement calls); 2. Cantos de cortejo (courtship calls); 3. Cantos agresivos o agonísticos (aggressive calls, agonistic calls); 4. Cantos de desprendimiento o liberación (release calls); 5. Cantos de desesperación (distress calls) y 6. Cantos de respuesta o recíprocos (response calls) (Ángulo *et al.*, 2006 y Kok y Kalamandeen, 2008). Los Crocodylia no poseen un órgano vocal especializado y por lo tanto, es posible que el paso del aire por la glotis sea forzado por músculos para producir sonidos (Britton, 2001). La vocalización de cocodrilos ha sido bien documentada (p.e., Wever y Vernon, 1957; Lee, 1968; Manley, 1970; Campbell, 1973; Vergne y Mathevon, 2008; Mandujano-Camacho *et al.*, 2011, entre otros), demostrando que estos reptiles tienen un amplio espectro de llamados acústicos a lo largo de su vida, inclusive al momento de nacer. Los cocodrilos comienzan a emitir las llamadas o pujidos justo antes de eclosionar, conducta que suele preceder la ruptura del huevo. Se ha referido que estos llamados cambian de estructura, función y finalidad a medida que transcurre el tiempo (inclusive días después de la eclosión), cuando cada individuo logra un mayor desarrollo y madurez (Vergne *et al.*, 2007). Estos llamados juegan un papel importante en los primeros estadios de vida, particularmente en las interacciones con otros juveniles y adultos (Campbell, 1973). Diversos autores han establecido categorías funcionales para comprender la diversidad de estas llamadas en neonatos y juveniles tomando como base su estructura acústica, sin embargo este fenómeno es pobremente conocido y poco estudiado (Vergne *et al.*, 2009). Esta investigación caracterizó de manera inicial y parcial la estructura acústica de los llamados de *Crocodylus acutus* en proceso de eclosión (nacimientos o ruptura del huevo) durante la temporada de incubación-eclosión asistida del programa de rescate de nidadas con apoyo de indígenas Bari, desarrollado anualmente en playas del río Santa Rosa, cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela (Mercario *et al.*, 2008), sirviendo como punto de referencia y base para futuros estudios con la especie.

## METODOLOGÍA

La siguiente caracterización está basada en el análisis de las grabaciones de dos pre-neonatos durante el proceso de eclosión (nacimientos) de caimanes de la costa o Cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) durante la temporada de incubación-eclosión asistida (*ex situ*) 2008 (21 de abril; 16:30 h) del programa de rescate de nidadas con apoyo de indígenas Bari, programa que se ejecuta anualmente en playas del río Santa Rosa, cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela.

En 4,85 minutos de grabación (Larreal, 2010) se registraron 98 vocalizaciones (pujidos) provenientes de dos individuos. Para analizarlos se utilizó un convertidor de video a audio *Aplus Video Converter Professional 8.90 para Windows Vista 2007*. El audio de las grabaciones y/o vocalizaciones recogidas en el campo (Cámara Sony Cybershot 6.0 mp) fueron digitalizadas y editadas a 44.1 kHz y 16 bit de resolución y luego analizadas mediante el programa *Raven Lite 1.0 para Windows Vista 2007*. Para la elaboración de los sonogramas y espectrogramas (FFT, 256 puntos o superior) de la especie, se seleccionó una sección de dos segundos de grabación, basándose en criterios de calidad de sonido y/o grabación (Figura 1). Adicionalmente, se escogieron secciones más largas de 20 segundos a dos minutos, para extraer la información numérica de las características espectrales y temporales de las llamadas o vocalizaciones (Figura 1).

Durante la temporada de nacimientos del 2008 (abril-mayo) fueron utilizadas varias grabaciones de pujidos para estimular la eclosión o salida de los huevos. Esta metodología se realizó una vez que la incubación se encontraba en su fase final y después de transcurridos 94 días desde la puesta.

## RESULTADOS

Todas las vocalizaciones registradas están integradas por una única nota corta modulada de 8,7 a 28,3 milisegundos (ms) de duración. La frecuencia dominante se ubicó entre los 652 y 1394 Hz ( $X=1052$  Hz;  $\pm 0,129$ ); sin embargo el espectro de las frecuencias grabadas se encontraron entre los 652 y los 9630 Hz, incluyendo hasta 8 frecuencias de energía sustancial con aproximadamente 1000 Hz de diferencia entre sí. La variación de energía entre el inicio de la frecuencia dominante y el final de la misma fue en promedio de 1315 Hz

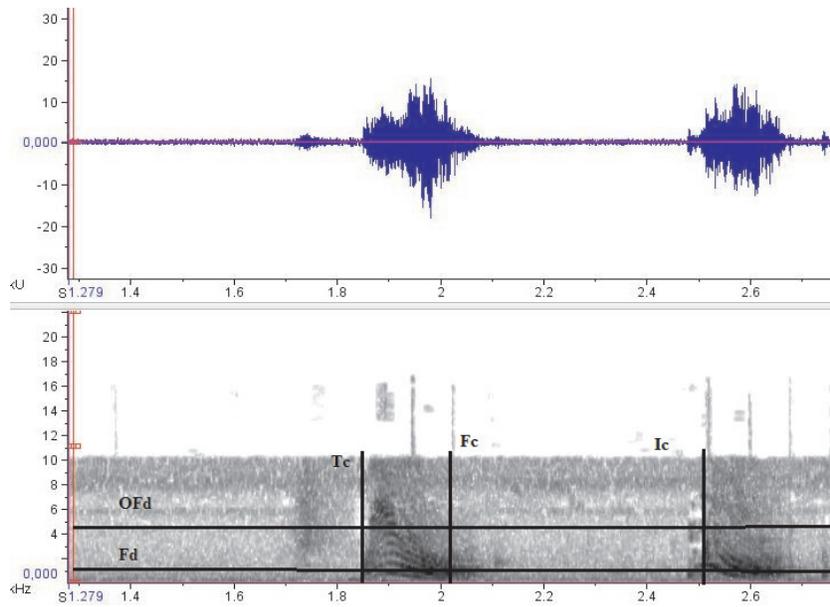


Figura 1. Parámetros registrados en el análisis acústico de las vocalizaciones de neonatos de caimán de la costa (*Crocodylus acutus*). Fd: Frecuencia dominante; OFd: Otras frecuencia dominante; Tc: Tiempo del canto (Fc-Tc); Tiempo entre cantos (Ic-Fc).

(694-2256 Hz;  $\pm 0,314$ ). Sólo en 7,14% de los casos pudieron distinguirse frecuencias de energía secundarias, bien definidas, entre los 4905 y 5459 Hz ( $X=5149$  Hz;  $\pm 0,282$ ) (ver Figura 2).

En la secuencia analizada, la emisión de vocalizaciones se estima que ocurra en un intervalo de 14 a 21 llamadas por minuto ( $X=17,54 \pm 5,239$ ), con un intervalo de tiempo entre ellos de 0,467 a 17,723 segundos ( $X=2,626 \pm 2,283$ ; para  $n=98$ ) (ver Tabla 1).

La estimulación sónica para provocar una sincronización en las eclosiones fue satisfactoria. Los nacimientos aumentaron significativamente (106 neonatos) entre los días 94-98 del período de incubación (21/04/2008-25/04/2008), comparados con el período anterior y posterior al intervalo mencionado (94-98 días) en donde eclosionaron 13 y 21 individuos respectivamente (Larreal, 2010).

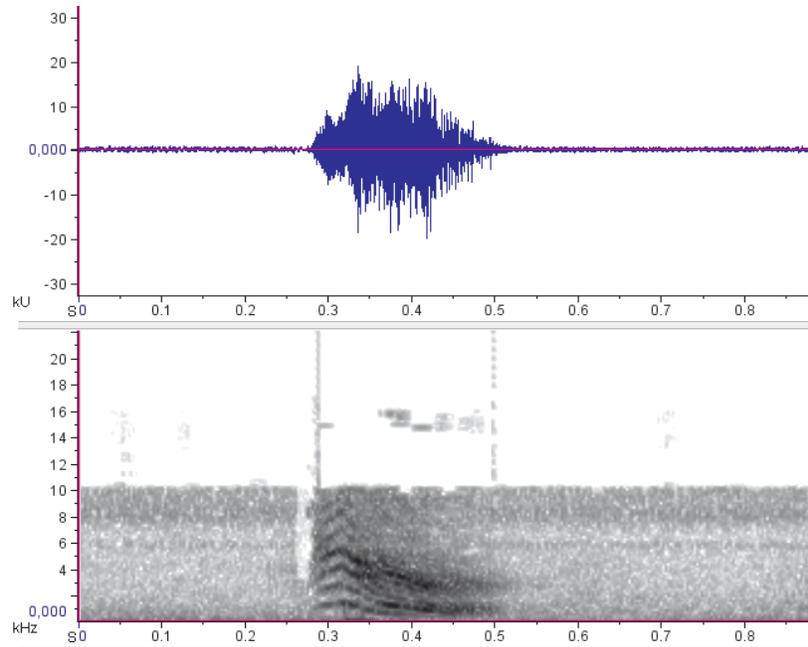


Figura 2. Oscilograma (arriba) y espectrograma (abajo) de las vocalizaciones de neonatos de *Crocodylus acutus*, durante su eclosión o salida del huevo.



Figura 3. Cría de *Crocodylus acutus* recién eclosionado dentro del nido artificial.

Tabla 1. Parámetros acústicos obtenidos a partir del análisis de 98 vocalizaciones moduladas provenientes de 2 pre-neonatos (*Crocodylus acutus*) o huevos en proceso de eclosión.

Parámetros acústicos	Valor máximo	Valor mínimo	Media	Desviación estándar
Duración de la vocalización (ms)	28,9	8,7	15,984	2,792
Frecuencia dominante (Hz)	1394	652	1052	0,129
Otras frecuencias (Hz)	5459	4905	5149	0,282
Variación de energía (Hz)	2256	694	1315	0,314
Tiempo entre cantos (s)	17,723	0,467	2,626	2,283

## DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son consistentes y comparables con aquellos referidos en la literatura especializada a pesar de haber sido un análisis sencillo y realizado a partir de las vocalizaciones de dos individuos de *C. acutus* al momento de eclosionar, considerando el equipo y las limitaciones logísticas durante el ensayo de campo. En el análisis de las vocalizaciones se manejó la terminología referida en estudios de vocalizaciones o llamadas y de su expresión gráfica. Las llamadas o pujidos producidos por los individuos desde el huevo un poco antes de nacer son muy similares en las especies de cocodrilos en donde se ha estudiado este sonido (*Crocodylus acutus*, *C. porosus*, *C. niloticus* y *Caiman latirostris* entre otros). En ellos por lo general la duración de cada nota no supera el medio segundo, con un número variable en la frecuencia y número de armónicas (entre 2–6) y que difícilmente supera los 7 KHz (Britton, 2001; Vergne *et al.*, 2007; Forrisi y Francescoli, 2008; Vergne *et al.*, 2009).

La vocalización de los individuos grabados en el presente estudio estuvo constituida por una nota modulada de hasta unos 6 KHz, de muy corta duración (8,7–28,9 ms) y repetidas con intervalos regulares (cada 2,6 s). Otros trabajos refieren que las notas moduladas están constituidas por varias frecuencias armónicas. La frecuencia de la primera armónica fundamental (la dominante) desciende al transcurrir el tiempo y a una tasa variable, también otras armónicas de mayor frecuencia son ligeramente detectables en el espectrograma (Britton, 2001), tendencias que pudieron registrarse en el presente estudio y que siguen las generalidades anteriormente descritas para co-

codrilos. Resulta extraño que Ardila-Robayo *et al.* (1999) en un análisis similar sobre *C. intermedius* mencionen frecuencias de hasta 65 KHz con una duración de 3 segundos para pujidos similares en crías a punto de eclosionar; son también cuestionables las frecuencias que ellos mencionan para eventos similares para post eclosionados y post metamórficos de las especies *Alligator mississippiensis* y *Crocodylus porosus* de 16,3 KHz y 48,7 KHz, respectivamente.

Las vocalizaciones producidas por los jóvenes cocodrilos desde el huevo son categorizadas como llamadas de pre eclosión, son de baja frecuencia presumiblemente porque son el resultado de las propiedades del filtrado acústico que el sonido debe efectuar al atravesar la cáscara intacta del huevo. Las llamadas de los individuos desde el interior de los huevos podría actuar como señales de sincronización para la ruptura del cascarón en los demás miembros de la camada, también podría estimular a la madre para que abra el nido y provea de protección contra posibles depredadores (Britton, 2001; Vergne *et al.*, 2009).

El seguimiento a las nidadas de *C. acutus* realizadas en la cuenca del Lago de Maracaibo (Barros *et al.*, 2010; Larreal, 2010), ubicada al noroeste de Venezuela pareciera indicar que no existe cuidado parental, considerando que no se han observado a los progenitores cerca del nido ni demostraciones de conductas agresivas ante la llegada de intrusos en las áreas de puestas. Estos resultados parecieran contrastar con lo referido tanto por De la Ossa-Velásquez (2002); donde indica que las hembras suelen permanecer en la vecindad del nido, como por Hernández-Hurtado *et al.* (2011) quienes refieren la posible utilización de cuevas en las cercanías de las zonas de anidación como sitios centinela; para que las hembras realicen los cuidados parentales y protejan el nido. Con relación a esto último se ha evidenciado también la excavación de cuevas por parte de *C. acutus* en taludes descubiertos a orillas del río Santa Rosa, durante la época de aguas bajas (Barros, comunicación personal). Los resultados obtenidos por Larreal (2010) están en consonancia con lo expuesto por Casas-Andreu (2003) en donde las hembras progenitoras no demuestran protección ni cuidado a los nidos ni a las crías después del nacimiento. En muchos cocodrilos sin embargo la excavación del nido por parte de los progenitores estimula una mayor producción de llamados entre los neonatos.

Los cocodrilos poseen patrones conductuales, ecológicos y poblacionales que requieren de un seguimiento constante para la com-

presión de su dinámica, evaluación eficaz y posterior conservación de sus poblaciones y hábitats. Entre los aspectos bioecológicos a estudiar para la comprensión de las poblaciones se encuentra la posible modificación en la estructura de la vocalización de neonatos y juveniles a la par de los requerimientos ecológicos o conductuales.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a los dueños de la Hacienda el Río o Don Rubén por permitir la realización de la incubación asistida de las nidadas de caimán de la costa en los años 2008-2009, así como a su empleados y obreros, también a E. Quintero, W. Fuenmayor por su asistencia en campo. Gracias también a todos los estudiantes de biología del programa de servicio comunitario de caimanes y comunidades Barí por su participación y ayuda. A los Barí de las familias: Mercario y Ashiboroko por su necesaria participación en el hallazgo de las nidadas y por permitirnos conocer un poco de sus costumbres. Se agradece a la ONG Provita por su aporte financiero a través de la iniciativa de especies amenazadas (IEA) en el 2009, también a los fondos aportados por SRAS a través del Grupo de Especialistas en Cocodrilos de la IUCN en el 2010. Finalmente a G. Rivas por su ayuda en aspectos de estilo, revisión del trabajo y escritura del abstract.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ángulo, A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha y E. LaMarca. 2006. *Técnicas de Inventario y Monitoreo para los Anfibios de la Región Tropical Andina*. Conservación Internacional. Serie Manuales para la Conservación. 2. Bogotá D.C. Colombia 133 pp.
- Ardila-Robayo, M., S. Barahona-Buitrago, O. Bonilla-Centeno y D. Cárdenas-Rojas. 1999. Aportes al conocimiento de la reproducción, embriología y manejo de *Crocodylus intermedius* en la estación de biología tropical "Roberto Franco" de Villavicencio. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 23 (suplemento especial): 417-424.
- Barros, T., M. Jiménez-Oraa, H. Heredia y A.E. Seijas. 2010. Artificial incubation of wild-collected eggs of American and Orinoco crocodiles (*Crocodylus acutus* and *C. intermedius*), Guárico and Zulia. *Conservation Evidence* 7: 111-115.

- Britton, A. 2001. Review and classification of call of juvenile crocodylians, and factors affecting distress calls. Pp. 364–377. En: *Crocodylian Biology and Evolution*. Gordon C. Grigg (ed.). Frank Seebacher and Craig E. Franklin. Surrey Beatty & Sons, Chipping Norton.
- Campbell, H. 1973. Observations on the acoustic behavior of crocodylians. *Zoologica* 58: 1–11.
- Casas-Andreu, G. 2003. Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia: Crocodylidae) en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 89: 111–128.
- De la Ossa-Velásquez, J. 2002. *Guía para el manejo y cría del Caimán del Magdalena o Caimán Aguja Crocodylus acutus (Cuvier)*. Convenio Andrés Bello, SECAB. Ciencia y Tecnología 94: 1–16.
- Duellman, W.E. y L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. Second edition. The Johns Hopkins University Press. Maryland, USA. 670 p.
- Forrisi, D y G. Francescoli. 2008. Vocalizations in juveniles of *Caiman latirostris* (Daudin, 1810). I: acoustic structure and individual determination. Crocodile. *Proceedings of the 19<sup>th</sup> Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, Species Survival Commission, IUCN*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 2-6 June 2008 (Unreviewed). Abstract.
- Hernández-Hurtado, H., J. Romero-Villaruel, P. Hernández-Hurtado. 2011. Ecología poblacional de *Crocodylus acutus* en los sistemas estuarinos de San Blas, Nayarit, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 887–895.
- Kok, P.J.R. y M. Kalamandeen. 2008. Introduction to the taxonomy of the amphibians of Kaieteur National Park, Guyana. *ABC Taxa* 5: 1–278.
- Mandujano-Camacho H., F. González-García, Y. Hénault, G. Escalona-Segura, J. Domínguez-Lazo y B. Ruiz-Sesma. 2011. Los Crocodylia de México: caracterización acústica espectro-temporal de los llamados de alarma, *Quehacer Científico en Chiapas* 1(11): 12–18.
- Manley, G. 1970. Frequency sensitivity of auditory neurons in the caiman cochlear nucleus. *Z. Vergl. Physiol.* 66: 251–256.
- Mercario, A., T. Barros, O. Gómez y J. Larreal. 2008. Program for rescuing and protecting American crocodile's eggs from human predation with participation of indigenous people and communities in Zulia state, Venezuela. *Proceedings of the 19<sup>th</sup> Working Meeting of the Crocodile Specialist Group, Species Survival Commission, IUCN*. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 2-6 June 2008. (Unreviewed). Abstract.
- Larreal, J. 2010. *Algunos aspectos ecológicos sobre la anidación del Caimán de la costa (Crocodylus acutus) en tramos de los ríos Santa Rosa y Negro, Municipio Machi-*

ques de Perijá, Zulia-Venezuela y manejo de sus nidadas en incubación controlada. Trabajo especial de grado para optar al título de Licenciado en Biología en la Universidad del Zulia. Maracaibo, estado Zulia. 92 pp.

- Lee, D. 1968. Possible communication between eggs of the American alligator. *Herpetologica* 24: 88.
- Suthers, R.A. 2004. Vocal mechanisms in birds and bats; a comparative view. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 76: 247–252.
- Vergne, A., A. Avril y S. Martin. 2007. Parent-offspring communications in the Nile crocodile *Crocodylus niloticus*: do newborn's calls show an individual signature? *Naturwissenschaften* 94: 49–54.
- Vergne, A. y N. Mathevon. 2008. Crocodile egg sound signal hatching time. *Current Biology* 18: 513–514.
- Vergne, A., M. Pritz y N. Mathevon. 2009. Acoustic communication in crocodilians: from behaviour to brain. *Biological Reviews* 80: 391–444.
- Wever, E. y J. Vernon. 1957. Auditory responses in the spectacled caiman. *J. Cell. Comp. Physiol.* 50: 333–39.